

びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態*

I 仔稚魚の生活場所について

平 井 賢 一

はじめに

びわ湖の沿岸部には、内湾または内湖とよばれる浅くて閉鎖的な水域が存在している。このような場所は波浪が弱くおだやかで、水質も特異的である。そして、ヨシ・マコモなどの挺水植物や、エビモ・クロモなどの沈水植物が繁茂し、その間には水生植物帯に特徴的なプランクトン・付着動物・底生動物などが多数みられる。

びわ湖にすむ約50種の魚類のうち、ほぼ半数のものは生活史の一時期または全期間を通じて、この内湾の水生植物帯となんらかの形で、関連をもって生活している。とくに春から夏にかけては、多くの魚の餌場や産卵場として、また仔稚魚や未成魚の生育場として、内湾の水生植物帯は重要な役割をはたしているとされてきた。内湾にすむ成魚・未成魚にとって水生植物帯の餌場としての意義については、すでに牧(1964)の報告があり、また産卵場としての役割についても古くから注目されている。しかし、仔稚魚の生活場所としての意義については、ほとんど研究がなされておらず、海洋の藻場の研究とくらべれば、かなり遅れいるといわねばならない。

そこで、この研究ではまず水生植物帯における仔稚魚の生活様式を知ることを目的として、各種仔稚魚の生息場所と食性を調べることにした。そして、各種仔稚魚の生活にとって、水生植物帯という環境のはたす役割を検討し、特に食物摂取に関連して、水生植物帯と結びつきの深い種は何かを見出そうとした。本報では、こ

のうち内湾の仔稚魚の分布状態について述べることにする。

本研究のすすめ方については、京大理学部動物学教室の森下正明教授・川那部浩哉助教授、京大大津臨湖実験所の森主一教授・三浦泰蔵助教授の助言に負うところが大きい。また、京大大学生態学研究グループの方々には、研究を進める過程で討論・批判をいただいた。ここに記して感謝の意を表わしたい。

I 調査の場所と用いた方法

1 調査地域の概要

調査を行った場所はびわ湖南部の西岸に存在する山の下湾(Fig. 1)であり、湾の奥部が禁漁区に指定されている。山の下湾は水深が4 mまでの浅い内湾で、湖岸部はほとんどが石垣で囲まれている。そして、ヨシ帯の大部分は水深が1 m以浅であり、岸に近いところでは水位の低い時期に底土があらわれる。

湖岸部には春から秋にかけて幅10~50mのヨシ・マコモ帯が出現する。そして、ヨシの密度の低いところやヨシ帯の周辺部には、5月下旬ごろからクロモが繁茂してくる。また、岸近くの水の停滞するところでは、ヨシやマコモの間にフサモ・マツモ・タヌキモなどの下生えがみられる。いっぽう、湾の奥部の波の静かな浅域には、4月下旬からエビモが現われ、ときによっては水深が2 m程度の所まで、水面一面になびくほど繁茂することがある。エビモの少なくなる6月ごろからクロモ・ヒシが多くなってくる。

このような植物の種類構成や出現の状態はい

* 昭和45年9月16日受理
京都大学審査学位論文の一部

つも一定であるわけではなく、年や場所によって異なることもある。また、湖岸部でも水生植物のほとんどみられない場所もある。

2 調査の方法

おもな調査は1964年に、仔稚魚の出現期である4月から8月にかけて行った。

(1) 調査地点の設定

内湾における仔稚魚の生活にとって水生植物の役割は大きいものと思われたので、調査地点は植生・離岸距離を考慮に入れて、湾の内外につきの6地点を選んだ (Fig. 1)。なお、各地点は標準水位で水深90cm以浅である。

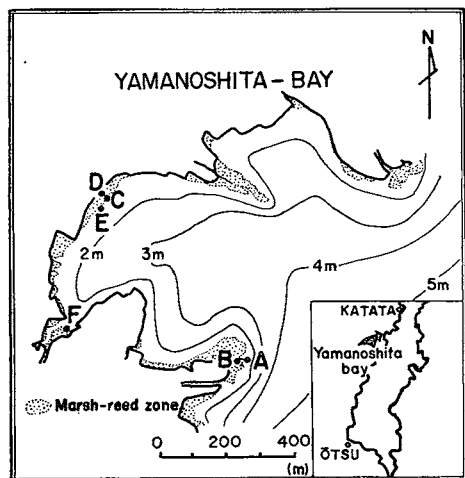


Fig. 1 The sampling stations with traps in Yamanoshita Bay, and its location in the south basin of Lake Biwa.

- A—湾の外部で水生植物のない所。砂底。
- B—湾の外部のヨシ帯中央部。まばらではあるがネジレモ・センニンモなどの下生えがある。砂底。
- C—湾内のヨシ帯で外縁から15m程度の所。クロモの下生えがあり、場所によっては密生する。泥底。
- D—湾内のヨシ・マコモ帯で岸よりの部分。クロモの下生えのほかスゲ・マツモ・フサモ・タヌキモ・ヒメビシなどが点在する。泥底。
- E—湾内で水生植物の少ない所。ネジレモ・

セキシウモ・クロモなどがわずかにみられるが、草丈は低い。泥底。

F—湾内の沈水植物帯。エビモが水面になびき、クロモも少しみられる。6月ごろからヒメビシがあらわれる。水位の高いときは背後にあるヨシ帯も冠水する。泥底。

(2) 仔稚魚の採集法

水生植物帯、とくにヨシ帯では定量的な仔稚魚の採集は困難であり、曳き網・うけ網などを用いることはできない。そこで、本調査では各地点にトラップを2個ずつ設置し、4時間おきの24時間採集を10日ごとに行った。トラップは縦1m、横0.5m、高さ0.9mの木枠に2mm弱の網目のサランネットを張ったもので、約60度を開いた長さ5mのソデ網をつけてある。なおトラップの入口の幅は3cmである (Fig. 2)。

このほかに、沈水植物帯では2mm弱の網目のサランネットで2m×2mの面積を開き、その中の仔稚魚をタモアミですくいあげ、除去法 (Fishing-success method, DuLury, 1951) による密度推定を行った。また、補足的にタモアミを用いた採集も行った。

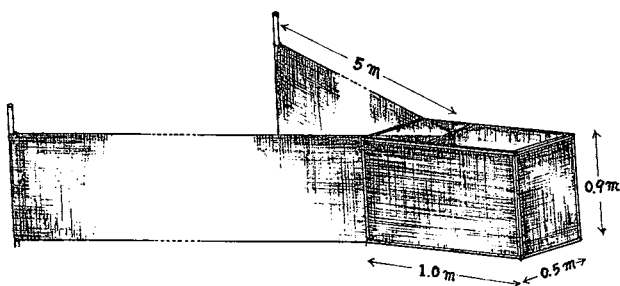


Fig. 2 Diagram of trap.

(3) 環境条件の測定

トラップによる仔稚魚の採集と同時に、各地点で4時間ごとに水温・pH・溶存酸素量の測定を行った。

(4) 仔稚魚の識別

淡水魚の初期段階の形態については、岡田・清石 (1936, 1937, 1938), 内田 (1939), 黒沼 (1941), 中村 (1949, 1950) ほかの記載があるが、これだけでは仔稚魚を互いに識別する

ことは困難である。また識別法については横手(1960)の資料があるが魚種が限られている。したがって、ここでは以上の諸文献を参考にし、さらに鱗条数・斑紋などの形質を成魚から順にさかのぼってつなぎ合せ、識別することにした。ただ、フナ類については1.3cm以下のものの相互識別ができなかったのですべてフナとして扱った。しかし、この調査地点で採集した1.3cm以上のフナはほとんどがニゴロブナであり、また成魚の漁獲状態からみても、南湖ではニゴロブナが多いといわれている(牧, 1964; 名越, 未発表)ので、仔稚魚もニゴロブナが主であると考えられる。

II 結 果

1 無機環境条件のあらまし

各地点で調べた水温・pH・溶存酸素量のうち、それぞれの最高値と最低値の変化をFig. 3に示した。

水温の変化の形は各地点とも同様な傾向を示しているが、調査期間を通じて湾外よりも湾内の方が最高値、最低値とも1~3°C高くなって

いる。さらに、湾内では沈水植物帯(F)が最も高く、ついでヨシ帯の岸寄り部(D), ヨシ帯の

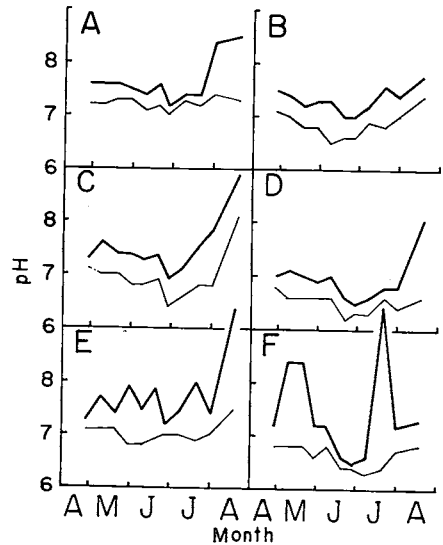


Fig. 3-2 Seasonal fluctuations of maximum (thick line) and minimum (thin line) values of pH at each station (A~F) during the period of investigation in 1964.

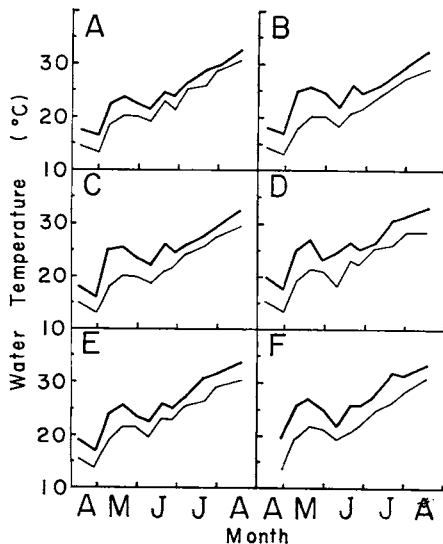


Fig. 3-1 Seasonal fluctuations of maximum (thick line) and minimum (thin line) values of water temperature at each station (A~F) during the period of investigation in 1964.

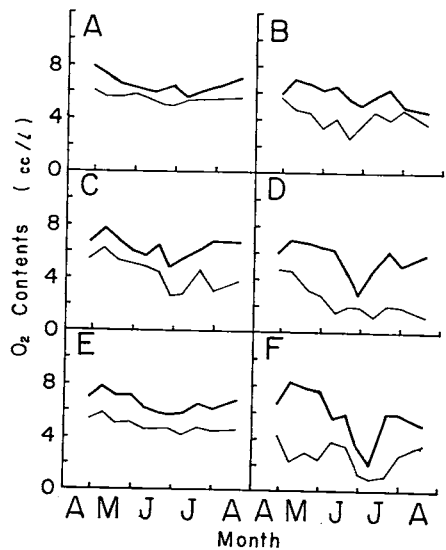


Fig. 3-3 Seasonal fluctuations of maximum (thick line) and minimum (thin line) values of oxygen contents at each station (A~F) during the period of investigation in 1964.

外側部(C), 水生植物のないところ(E)の順に低くなる傾向を示す。また、日較差は湾の内外とも岸寄り部の方が大きくなっている。

pH は水生植物の存在しないところでは中性からややアルカリ性を示し、水生植物帯では中性ないしやや酸性に寄るという傾向がみられる。日較差は湾内で大きく、とくに沈水植物帯では変動の幅が大きい。そして時には6.5~9.5と大幅に変化することもある。

溶存酸素量は、水生植物の存在しないところでは6 cc/l前後と比較的多く、日較差も小さく安定している。これに対して、水生植物帯とくに湾内の水生植物帯では、時期によって酸素量が変動し、日較差も大きくなっている。そして、沈水植物帯では酸素量が1 cc/lとかなり少なくなることがある。このような傾向は牧(1964)の行った鳥丸内湖の調査でも認められており、水生植物帯の特徴と考えられる。

2 沿岸部における仔稚魚の出現時期と分布

トラップは魚の能動的な性質を利用して採るために種によって、また同じ種でも大きさによって捕獲率が異り、群れを作るものでは入り方が集中的になると考

えられる。したがって、種間の個体数の比較や時間的な個体数の変化などを調べるためには、それらの資料では不十分であることを考えておかねばならない。しかし、トラップによって得られた仔稚魚の種別の個体数の割合と、付近を囲いどりして得た仔稚魚の推定個体数の割合がほぼ一致しており(Table 1, 度数分布の均一

Table 1 Percentage composition of fry and juvenile of fishes taken by two different sampling methods.

Fish name	Quadrat sample		Trap sample
	June 16 a	June 19 b	
<i>Acheilognathus lanceolata</i>	13	15	19
<i>A. tabira</i>	8	7	6
<i>A. cyanostigma</i>	17	21	18
<i>A. rhombea</i>	0	0	2
<i>Rhodeus ocellatus smithi</i>	53	44	39
<i>Pseudorasbora parva</i>	1	1	4
<i>Zacco platypus</i>	0	0	2
<i>Carassius</i> spp.	7	12	10

Table 2 The list of fry and juvenile of fishes collected during the period of investigation, in Yamanoshita Bay.

yaritanago	<i>Acheilognathus lanceolata</i>
tabira	<i>A. tabira</i>
kanehira	<i>A. rhombea</i>
ichimonjitanago	<i>A. cyanostigma</i>
baratanago	<i>Rhodeus ocellatus smithi</i>
motsugo	<i>Pseudorasbora parva</i>
zezera	<i>Biwa zezera</i>
honmoroko	<i>Gnathopogon caerulescens</i>
kawamutsu	<i>Zacco temminckii</i>
oikawa	<i>Z. platypus</i>
kawabatamoroko	<i>Hemigrammocypris rasborella</i>
wataka	<i>Ischikauia steenackeri</i>
koi	<i>Cyprinus carpio</i>
nigorobuna	<i>Carassius carassius grandoculis</i>
gengorobuna	<i>C. cuvieri</i>
dojo	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>
sujishimadojo	<i>Cobitis taenia striata</i>
manamazui	<i>Parasilurus asotus</i>
hagegigi	<i>Pelteobagrus mudiceps</i>
medaka	<i>Oryzias latipes</i>
kamuruchi	<i>Channa argus</i>
yoshinobori	<i>Rhinogobius brunneus</i>
ukigori	<i>Chaenogobius urotaenia</i>

性の検定結果 $\chi^2_0 = 16.50$ ((d.f. = 14, $\chi^2_{0.05} = 23.68$))で両者の比率の間に有意差なし), また観察によると1.5cm以下の魚については、ごく初期のものをのぞいて遊泳速度に大きな差はみられない。したがって、仔稚魚については地点別・時期別の個体数を比較することは可能であろうと考える。

(1) 仔稚魚のみられる時期

調査期間中に採集された仔稚魚は23種(Table 2)におよぶが、Table 3にはこのうち個体数の多かった12種について、2つのトラップの

合計個体数を示した。仔稚魚の出現する時期は種によって違いがあるが、湾の内外というような場所による違いはほとんどみられない。

Table 3 Seasonal changes of the number of fry and juvenile of fishes caught by two traps at each station in 1964.

Fish name	Station	Apr. 16-17	Apr. 28-29	May 8-9	May 19-20	May 29-30	June 9-10	June 19-20	June 26-27	July 8-9	July 21-22	Aug. 31-1	Aug. 17-18
<i>Acheilognathus lanceolata</i> (yaritanago)	A	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
	B	0	0	0	0	1	6	2	24	11	0	0	2
	C	0	0	0	0	4	4	8	9	5	1	0	0
	D	0	0	0	0	3	18	9	8	11	8	1	0
	E	0	0	0	0	0	2	3	4	9	0	1	0
	F	—	0	0	0	1	2	5	10	2	1	0	0
<i>A. tabira</i> (tabira)	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	2	8	11	0	2	1	0
	C	0	0	0	0	0	2	5	4	2	0	1	0
	D	0	0	0	0	0	8	0	37	39	2	2	0
	E	0	0	0	0	0	0	3	1	13	0	1	0
	F	—	0	0	0	0	0	15	169	20	1	0	0
<i>A. cyanostigma</i> (ichimonjitanago)	A	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	2	8	16	6	1	4	3
	C	0	0	0	0	0	0	23	12	17	3	0	0
	D	0	0	0	0	5	191	11	44	23	8	2	0
	E	0	0	0	0	1	0	4	2	0	2	1	0
	F	—	0	0	0	2	5	14	63	5	16	2	0
<i>A. rhombea</i> (kanehira)	A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	5	3	5	2	0	15	0	0	0	0
	C	0	0	9	9	0	0	1	0	0	0	0	0
	D	0	0	33	23	8	20	67	5	0	0	0	0
	E	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	—	6	3	4	14	0	2	0	0	0	0	0
<i>Rhodeus ocellatus smithi</i> (baratanago)	A	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
	B	0	0	0	0	3	31	24	33	18	5	8	17
	C	0	0	0	0	1	10	67	10	31	5	27	23
	D	0	0	0	0	1	805	43	501	673	108	101	20
	E	0	0	0	0	0	4	15	2	13	3	13	19
	F	—	0	0	10	3	15	31	203	94	199	52	14
<i>Pseudorasbora parva</i> (motsugo)	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	6	7	3	2	0	1	0	0
	D	0	0	0	0	5	2	1	4	7	0	0	0
	E	0	0	0	0	4	10	12	7	12	1	0	0
	F	—	0	0	0	0	2	3	2	8	6	0	0
<i>Gnathopogon caeruleus</i> (honmoroko)	A	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	18	9	0	0	0	0	0	1	0	0
	D	11	3	27	4	2	0	0	2	0	1	0	0
	E	0	0	10	11	1	0	2	5	0	0	0	0
	F	—	16	9	12	1	1	0	0	0	2	0	0
<i>Zacco platypus</i> (oikawa)	A	0	0	0	0	0	0	0	2	4	24	14	2
	B	0	0	0	1	0	1	3	16	64	112	1	2
	C	0	0	0	2	0	0	17	3	72	63	15	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	2	15	238	16	1
	E	0	0	0	1	0	2	1	2	15	70	17	1
	F	—	0	0	0	0	0	2	12	18	139	23	2

<i>Ischikania steenackeri</i> (wataka)	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	F	—	0	0	0	0	0	0	0	0	18	8	0
<i>Carassius</i> spp. (funa)	A	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	1	0
	B	0	0	4	4	1	1	0	0	13	14	3	0
	C	8	16	69	50	2	2	1	5	109	12	6	0
	D	19	73	100	45	22	122	20	24	2124	62	51	6
	E	2	1	17	16	0	5	0	2	70	8	2	1
	F	—	72	313	233	49	30	8	87	132	390	97	1
<i>Pelteobagrus nudiceps</i> (hagegigi)	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	18	2
	C	0	0	0	0	0	0	0	4	6	27	202	3
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	2	51	269	9
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17	147	4
	F	—	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	1
<i>Rhinogobius brunneus</i> (yoshinobori)	A	8	6	21	7	9	14	13	42	11	42	206	135
	B	20	22	17	32	15	57	134	504	275	45	85	171
	C	7	10	17	25	12	39	37	191	152	46	153	205
	D	85	118	43	20	9	26	128	261	31	83	243	130
	E	19	22	17	32	15	57	134	404	275	45	85	171
	F	—	254	90	83	92	90	128	287	23	98	1075	288

調査期間中（4月16日～8月18日）を通じて採集されたものに、ヨシノボリとフナがある。ヨシノボリは夏季に個体数が多くなっているが、全期間を通じて後期稚魚と未成魚が個体数のほとんどをしめている。フナの場合個体数の多い時期が2つに分かれている。まず5月中旬に個体数の増加が起るが、体長分布（Fig. 4）からみると孵化直後のものが多く、この時期が第1回目の産卵盛期であることを示している。つづいて6月の中～下旬に個体数の減少が起るが、1964年のこの時期には降雨が少なく、水位が低いため産卵の行われなかったことが原因と思われる。そして体長分布をみても1 cm以上の大きな個体が多い。7月初旬にまた個体数の増加が起るが、これは6月下旬に降雨による増水があり、その時に産卵されたものであろう。NAGOSHI (1965) はゲンゴロウブナのモンドリとエリ¹⁾による漁獲量の変動は、水温と降雨量に関連していることを報告しており、友田 (1965) もニゴロブナについて同様のことを報告している。このようにフナの仔稚魚の出現時期

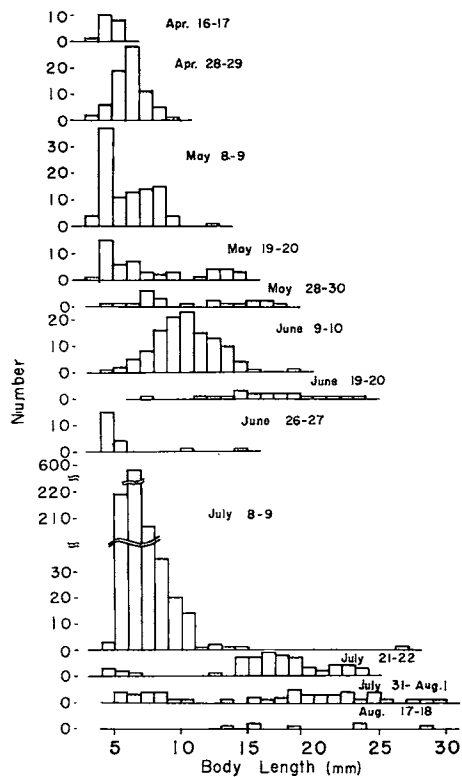


Fig. 4 Length-frequency distributions of crucian carp (*Carassius carassius grandoculis*) caught by the trap at station D, during the period of investigation, 1964.

は、水温の上昇と降雨による増水に大きく左右されるので、仔稚魚の出現時期は年によっていくらか異なると考えられる。

カネヒラとホンモロコは4～5月と出現時期が早い。カネヒラは貝の鰓弁内で越冬した仔魚が5月初旬から1ヶ月ぐらいの間に一斉に宿主から出てくるので、それ以後採集されるものは成長して大きくなったものである。そして6月下旬には採集されなくなる。ほかのタナゴ類は産卵期が5月から7月であり(平井, 1964), 仔稚魚は6月から8月中旬までつぎつぎと現われてくる。そして、個体数のもっとも多いのは6月頃である。また、バラタナゴ以外のタナゴ類は全期間を通じて、1.5cmをすぎる頃からはほとんど採集されない。

出現時期が6月半ば以後と比較的遅く現われるものにオイカワ・ワタカ・ハゲギギがあるが、これらの間にも時期的にわずかのずれがある。

以上のように、内湾の水生植物帯の仔稚魚の

構成をみると、すべての仔稚魚が同時にあらわれるのではなく、時期によって種類構成の変化していくことがわかる。

(2) 仔稚魚の生息場所

調査期間中に採集された当年魚の種ごとの全個体数を地点別にまとめてTable 4に示した。同時に、地点間で個体数の多さに一定の傾向があるかどうかを知るために、順位相関法(KENDALL, 1962)を用い、調査期間中に採集された仔稚魚の個体数を各回ごとに地点間で順位づけ、相関係数Wをもとめて付記した。相関係数Wは0から1の間の値をとる。そして、1に近いほど相関の程度が高く、そのときは地点間の個体数の多さの順がよく一致することを示している。つまり、仔稚魚の多い場所と少ない場所が時期によってあまり変わらないことを示す。また、Wが0に近いときは時期によって個体数の多い場所と少ない場所の順位が変わることを示す。

トラップによって得た標本の個体数は全種を

Table 4 Total catches of fry and juvenile of fishes with traps throughout the period of investigation in 1964, and values of rank correlation coefficient, indicating habitat preferences.

(W) represents the rank correlation coefficient in multiple ranking.

Fish name	Station						(W)
	A	B	C	D	E	F	
<i>Acheilognathus lanceolata</i>	4	19	45	31	58	21	.630*
<i>A. tabira</i>	0	17	24	14	88	205	.531*
<i>A. cyanostigma</i>	4	10	40	58	284	107	.585**
<i>A. rhombea</i>	1	5	30	19	156	23	.695**
<i>Rhodeus ocellatus smithi</i>	4	69	136	176	2162	624	.729**
<i>Pseudorasbora parva</i>	0	46	0	19	19	21	.732**
<i>Gnathopogon caeruleus</i>	3	29	10	28	50	38	.444
<i>Zacco platypus</i>	46	109	200	172	272	196	.321
<i>Ischikauia steenackeri</i>	0	1	0	4	5	26	.490
<i>Carassius carassius</i> & <i>C. cuvieri</i>	5	124	40	280	2678	1412	.754**
<i>Pelteobagrus nudiceps</i>	6	169	21	242	331	23	.859**
<i>Rhinogobius brunneus</i>	514	1377	954	814	1177	2699	.412**

* Significant at 5 % level

** Significant at 1 % level

- 1) モンドリはフナの産卵習性を利用して捕獲する漁具で、これによる漁獲量の多いときは産卵の盛んに行われる時期である。また、エリで多く漁獲されるときは産卵場である湖岸や内湖にフナが多く集まってくる時期である。

通じて、湾の外部や水生植物のみられないところでは少なく、水生植物帯に多いという傾向を示している。しかし、個々の種を詳しくみれば、個体数の多い場所に違いがある。そこで、つぎに種ごとに仔稚魚の分布状態を観察を加味して検討してみる。

タナゴ類：タナゴ類の中ではバラタナゴの仔稚魚が最も多く採集されたが、とくに岸寄りのエビモ帯やヨシ帯に個体数が多くなっている。そして、水生植物の存在しないところよりも、常に水生植物の豊富なところに個体数の多いという傾向を示し、その傾向は時期によってあまり変化しない。このことは、Wの値が1に近いことにも示されている。カネヒラ・イチモンジタナゴ・タビラもバラタナゴと同様に、湾奥部の水生植物の豊富なところに多いという傾向がみられる。しかし、採集された全個体数の割合からみれば、水生植物の豊富なところにとびぬけて個体数が多いとはいえない。したがって、生活場所がバラタナゴほど水生植物帯と結びついているとはいえないであろう。ヤリタナゴも水生植物帯に多いが、他種とは異って比較的水生植物帯全体で一様に採集されている。また、湖北部のひらけた沿岸の水生植物帯で採集を行っても、他種とは異ってヤリタナゴの仔稚魚は比較的多く採集される。

タナゴ類の仔稚魚は全般的に水生植物帯に多くみられるが、漁港の奥部のように水生植物の存在しないところにも生息することが観察される。しかし、水生植物帯とその付近を比較すれば、今回の調査に示されるように、水生植物の豊富な所により個体数が多い。したがって、このような場所が仔稚魚の生活にとって何らかの意味を持っていると推定される。

モツゴ：内湾にのみみられるが、水生植物のないところでも採集される。他種と比べると、内湾とその周辺では個体数が少ない方である。

ホンモロコ：全地点で比較的一様に採集され、また地点間の個体数の多さの順位は時期に

よって変化する。すなわち、ホンモロコの場合は内湾の特定の環境と結びついて生息しているのではないことを示している。

ホンモロコは4月から5月上旬に水生植物帯で、浮遊物や柳の根などに盛んに産卵を行うことが知られており、また産卵に集まる個体の多いことも知られている(牧, 1964)。山の下湾でもトラップを設置した付近には多数の卵がみられる。しかし、トラップで採集される仔稚魚は7~8 mm以下のものがほとんどであり、その量も多くない。これはホンモロコの捕獲に対するトラップの効率の問題もあると思われるが、仔稚魚が比較的早い時期に湖岸を離れ、水生植物帯に少なくなるためであろうと思われる。産卵場付近でタモアミを用いて採集しても、タナゴ類やフナの仔稚魚は採集されるが、ホンモロコはほとんど採集されない。また、過去に行われた早崎内湖・鳥丸内湖の仔稚魚の採集でもホンモロコはほとんど得られていない(琵琶湖生物資源調査団報告〔以下 B.S.T. 報告と略す〕, 1966)。このようなことから考えて、ホンモロコは早い時期に水生植物帯から離れるものと思われる。

オイカワ：この種は他種のように、湾奥部の水生植物帯に特に多いという傾向は認められず、各調査地点で一様に採集される。順位相関係数も仔稚魚の中ではもっとも小さく、時期によって個体数の多い場所が変化することを示している。そして、ヨシ帯の外側(C地点)にもっとも多いこともある。また、観察によればヨシ帯の外部で水生植物のみられないところにも遊泳しているものをみかけ、さらに湖北部の波浪の影響を受けやすいヨシ帯にも多くの群れがみられている。さらに、びわ湖に限らず河川の岸边にも多くみられる(名越ほか, 1962)ことからみて、とくに水生植物帯に特徴的な種であるとはいえないであろう。

ワタカ：産卵のために、ヨシ帯に多くの成魚があらわれるが(牧, 1964)、仔稚魚はほとんど採集されない。同様に MIURA (1966)も、ワタ

カの幼魚は産卵場にみられず、水深2～3mの泥底部にみられると述べており、水生植物帯はワタカの幼魚の生活場所とはなっていないと考えられる。

ハゲギギ：仔稚魚の個体数は湖岸が石垣で囲まれている地点に多く、石垣から離れた地点ほど少なくなる。この傾向は相関係数 W の値の大きいことからわかるように、時期によってほとんど変わらない。このことはハゲギギの産卵場が石垣の間などであり（宮地ほか、1965）、そこが仔稚魚の分散の中心地となっていることを示すものであろう。

ヨシノボリ：ヨシノボリの仔稚魚は湖全域に広くみられるが（B. S. T. 報告、1966）、山の下湾で採集されたのは後期稚魚か未成魚が多い。個体数はいずれの地点でも多いが、とくに沈水植物帯には多く、湾外の水生植物の存在しない地点(A)の5倍、他の地点の2～3倍となっている。しかし、 W の値はオイカワについて小さく、地点間の個体数の多さの順が時期によって変化することを示している。

フナ：湾外部の水生植物の存在しないところ(A)では、全期間を通してほとんど採集されていない。これに対して湾の外部でもヨシ帯(B)ではわずかではあるが採集されており、その付近にいくらかの仔稚魚（多くのものが1.5cm以上のもの）が生息していることを示している。しかし、湾内と比較すると個体数は少なく、水生植物のみられない地点(E)と比べても個体数は少ない。

湾内では下生えの植物が水面になびくヨシ帯(D)と沈水植物帯(F)で個体数が多い。Fig. 4 でみられたように、D地点では7月に孵化後まもない仔魚が多数採集されたので、合計の個体数では沈水植物帯よりヨシ帯の方が多くなっている。しかし、全期間を通してみれば個体数は両地点の間で大きな差はない。ヨシ帯の中でも下生えが少なく、水面になびかないような地点(C)では、D地点よりかなり個

体数は少ない。

全地点を通してみると、地点間での個体数の多さの順は調査期間中変化は少なく($W=0.754$)、いつも内湾の水生植物帯に仔稚魚が多い。同様のことは烏丸内湖でも調べられており（友田、未発表）、こうしたフナ仔稚魚の分布域からみて、内湾の水生植物帯が生活場所として重要であると考えられる。

(3) 小さな範囲での生息場所

水生植物帯にはさまざまな仔稚魚がみられたが、多く種の間で出現時期や個体数の多い場所が違っていた。それでも、ある一つの場所をとりあげてみると、本来別の場所に多い種も含めて、種々の仔稚魚がみられている。Fig. 5は6月中旬に、エビモ帯で4㎡のクアドラート当りに採集された仔稚魚の個体数を示したものである。4㎡当りという範囲でみると、2つの場所で個体数にほとんど差がみられない。つまり、多くの種は比較的一様に分布しているようにみえる。しかしながら、さらに小さくみると、それぞれの種によって生息場所の異なっていることが観察される。

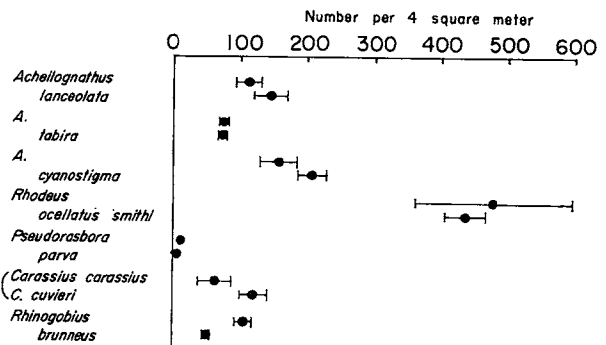


Fig. 5 Density of fishes with the confidence limit, at two different places in the station F (*Potamogeton* belt), June 16, 1964.

1 cm以下のタナゴ類は、水面下数センチメートルのごく表層で群れをつくって遊泳している。そして、いずれの種も水面に浮遊物が密に存在するところよりも、水生植物の隙間が0.1㎡を越えるような広い場所を活発に遊泳してい

る。そして水生植物の近くに近づくことはない。オイカワについても、タナゴ類とほぼ似た場所にみられるが、タナゴ類よりもやや下層にまでみられ、そしてさらに開けた場所でも遊泳しているのがみられる。フナ（体長1.3cm以下）の場合はオイカワやタナゴ類と異り、はっきりとわかるような群れをつくらない。そして、水生植物や浮遊物の大きな隙間にはみられず、浮遊物や水生植物の200~300cm²程度の小さな隙間や、水生植物のすぐそばにみられる。ヨシノボリはほとんどのものが水生植物の表面におり、餌をとるときにその上から離れるのが観察される。

このように同じ水生植物帯で採集される仔稚魚も詳しく観察すれば、種によって生活様式の異なっていることが認められる。

III 論 議

内湾の水生植物帯には多くの仔稚魚がみられ、また種によっては水生植物の豊富など、個体数の多いことをみてきた。いっぽんに、種によって生活様式の異なることはよく知られた事実であるが、水生植物帯にすむこれらの仔稚魚も生活空間や摂食などに対する要求は違った形で現われることが考えられる。したがって同じ水生植物帯で採集された仔稚魚でも、水生植物帯の利用のし方や価値については、種によって異っているものと思われる。

そこで、ここでは各種仔稚魚の生活にとって、水生植物帯がどのように利用されているか、また水生植物帯の諸環境条件のうち、仔稚魚の生息条件として適しているものとそうでないものは何かを考えてみたい。

1 各魚種の産卵場と仔稚魚の生息場所との関係

水生植物帯では多くの種の仔稚魚が採集されたが、これらの中には水生植物帯をおもな生活場所としているもの、生活場所の一部として利用しているもの、さらに水生植物帯が産卵場となっているため、単に分散の中心として仔稚魚

がみられるものなどいろいろな場合が考えられる。そこで、まず各魚種の産卵場と仔稚魚の生息場所の関係について検討してみる。

内湾の水生植物帯に集まって来て、水生植物などの表面に卵を産着させる魚種にホンモロコ・ワタカ・フナなどがある。（青柳，1957；牧，1964；友田，1965）。これらのうち、ホンモロコとワタカはフナと違って孵化後まもなく、産卵場である水生植物帯で採集されなくなる。ワタカについてはMIURA（1966）も同様のことを述べており、幼魚は水深2~3mの泥底にみられることを報告している。ホンモロコの幼魚の生活場所は知られていないが、いずれにしてもこれらの2種は水生植物帯を主とした生活場所とはしていないようである。これに対してフナの仔稚魚は、産卵の行われた水生植物帯とその付近で、長期にわたって様々の大きさの幼魚が多数採集される。このことは、フナが水生植物帯を生活場所として利用していることを示している。なお、体長が4~5cmになる頃に、水生植物帯から離れていくことが知られている（MIURA，1966）。

いっぽう、タナゴ類とくにヤリタナゴやタビラのように、産卵場が岸から200mも離れたところにおよぶものでも（平井，1964），仔稚魚はほとんどが湖岸の水生植物帯やその付近で採集される。このほかに産卵場から考えて水生植物帯に集まってくると考えられるものに、河川の砂礫地に産卵するオイカワ（宮地ほか，1963）や、湖岸や川の石の下または湖中の貝殻に産卵するヨシノボリ（B.S.T. 報告，1966）などがあげられる。しかし、この2種は水生植物帯に限らず湖岸に広くみられているので、水生植物帯を生活場所の一部とする種と考えられる。

このように、産卵場と仔稚魚の生息場所が比較的一致しているものから、産卵場である水生植物帯にはほとんどみられないもの、まわりから水生植物帯に集まってくると考えられるものなどがあり、産卵場と仔稚魚の生活場所の関係は様々である。このことは、仔稚魚が種ごとの

要求に応じて水生植物帯に分布しているのであって、生息場所が産卵場のみによって規定されているのではないことを示すと考えてよいであろう。

2 仔稚魚の生息場所とその環境条件との関係

内湾やその付近の沿岸部にとどまって生活している仔稚魚は、水生植物の豊富なところに個体数が多いか、または少なくとも他の場所と同程度は存在することをみて来た。そこで、仔稚魚の多くみられるこの水生植物帯について、各種の環境要因のうち仔稚魚にとって、他の場所と比べて適しているものとそうでないものは何かを検討してみる。

水温は最高・最低値ともに内湾の水生植物帯の奥部で常に高く、水生植物の存在しないひらけた水域がもっとも低かった。また、ヨシ帯の外側部では水温もこの中間にあるが、奥部の状態に近い。このような温度の勾配に対して、仔稚魚も水温の高いところに多くみられている。仔稚魚にとって適した温度範囲はわからないが、今回採集されたような温水魚にとっては、水温の高い水生植物帯の岸寄り部は、より好適な場所といえよう。しかし、8月のように水温が30°Cを越える時期にも、水生植物帯がより適した場所であるか否かの判断はできない。

溶存酸素量については、湾の内外、水生植物の存否によって大きな差が認められ、仔稚魚の生活にとって重要な意味をもつことが考えられる。最高値については、一時期（6月下旬から7月上旬）をのぞけば地点間で差は大きくないが、最低値に差が認められる。すなわち、湾奥部の水生植物帯では溶存酸素量が夜間に少なくなることが多く、この調査期間中にも1 cc/lという低い値を示す日がかなりあった。また昼間でも3 cc/lに達しないこともある。1965年に行った内湾の調査でも、夜間に0.5 cc/l以下になることがしばしばみられており、水生植物帯は湾外や、水生植物のみられないところと比べて酸素条件は悪いことになる。

ニコルスキー（1963）は多くのコイ科魚類は3 cc/l以下の溶存酸素量にも容易に耐えうるが、とくにコイ・フナは0.5 cc/lでも生息することを述べている。またYAMAGISHI（1965）も実験でフナ稚魚の窒息する酸素量を0.3~0.4 cc/lとしている。さらに、BLAŽKA（1958）はフナの代謝が有気的に行われる最低酸素量を1.7 cc/lとし、それ以下では無気呼吸が加わり、さらに0.2 cc/l以下（residual tension）になると全く無気呼吸になることを報告している。そして、水温が15~20°Cでresidual tension下におくと、低酸素下の経歴をもつフナでは33時間、高酸素下の経歴をもつフナでも2~3時間は生息できることをみている。したがって、水生植物帯の溶存酸素量でも、フナにとっては生息可能な範囲にあるといえる。しかし、無気呼吸をしなければならないような状態にあることは、他の地点と比べて決して有利な状態にあるとはいえないであろう。このことはフナ以外の魚種にとっても同様であると考えられ、酸素条件に関しては仔稚魚の多い湾奥部の水産植物帯は適した条件にあるとはいえない。

水生植物帯が仔稚魚の隠れ場所としてはたす役割については、調査を行わなかったので明らかでない。ただ、魚食魚であるハスは、内湾のひらけた水域までは近づくが、水生植物帯までは近づかないことが知られている（牧，1964）。しかし、水生植物の間にはヨシノボリが多く、フナ仔稚魚をかなり捕食することがある。

以上、水温・溶存酸素量・隠れ家に関して検討したが、これらの条件に関する限り仔稚魚が水生植物帯に生息する積極的な理由になっているとは思われない。

ま と め

びわ湖の内湾水生植物帯には多くの仔稚魚がみられるが、仔稚魚の生活場所としての水生植物帯の意義を知ろうとした。本報では、内湾における仔稚魚の分布状態について述べた。調査は1964年4月から8月にかけて、びわ湖南部に

存在する山の下湾で行った。

1 水温は水生植物帯の岸寄り部でもっとも高く、湾外部の水生植物の存在しないところでもっとも低い。溶存酸素量は水生植物帯の岸寄り部で、夜間に大きく減少することがある

2 内湾とその周辺で23種の幼魚がトラップによって採集された。そのうち約10種が水生植物帯に多くみられた。仔稚魚の中にはオイカワやヨシノボリのように沿岸部に広く分布するものから、タナゴ類のように水生植物帯に多いもの、フナのように水生植物の豊富なところに多

いものなど様々で、種によって分布域の広さは異っていた。また、遊泳層や小さくみた生息場所にも種によって違いがみられた。

3 種々の仔稚魚、とくにフナの仔稚魚の多い湾奥部の水生植物帯について、仔稚魚の生活場所としての環境条件の意味を考えてみた。水生植物帯は他の場所と比べ、水温・溶存酸素量に関しては、仔稚魚にとってとくに好適な場所であるとは考えられない。むしろ溶存酸素量は仔稚魚にとって不利に働いていると考えられる。

参 考 文 献

- 青 柳 兵 司, 1957: 日本列島産淡水魚類総説. 大修館.
 BLAŽKA, P., 1958: The anaerobic metabolism of fish. *Physiol. Zoöl.*, 31: 117-128.
 DELURY, D. B., 1951: On the planning of experiments for the estimation of fish populations. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 8 (4): 281-307.
 平 井 賢 一, 1964: びわ湖産タナゴ4種の産卵生態の比較. *生理生態*, 12 (1・2): 72-81.
 KENDALL, M. G., 1962: Rank correlation methods. Charles Greffin Co., LONDON.
 黒 沼 勝 造, 1941: 日本産鯉科魚類幼魚の記載 I~II. *水産研究誌*, 36 (8).
 牧 岩 男, 1964: びわ湖沼沢地帯における魚類と餌生物の関係. *生理生態*, 12 (1・2): 259-271.
 宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦, 1965: 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社.
 MIURA, T., 1966: Ecological notes of the fishes and the interspecific relations among them in Lake Biwa. *Jap. J. Limnol.*, 27 (2): 1~24.
 名越 誠・川那部浩哉・水野信彦・宮地伝三郎・森主一・杉山幸丸・牧 岩男・斎藤洋子, 1962: 川の魚の生活 III, オイカワの生活史を中心にして. *生理生態研究業績*, 82: 1-19.
 NAGOSHI, M., 1965: Ecological studies on the population of Gengorobuna, *Carassius cuvieri* TEMMINCK et SCHLEGEL, in Lake Biwa II. Mortality, size of spawning population and number of emigrants estimation with tagging method. *Fac. Fish. Pref. Univ. Mie*, 5 (2): 307-317.
 中 村 守 純, 1949: 琵琶湖産ホンモロコ的生活史. *日水誌*, 15 (2): 88-96.
 ———, 1950: 琵琶湖産ワタカ的生活史. *日水誌*, 15 (12): 833-840.
 ニコルスキー, 196: 魚類生態学 (亀井健三訳).
 岡田弥一郎・清石礼蔵, 1936, 1937: 日本産淡水魚の仔魚及び稚魚の形態並びに生態的研究. *水産研究*, 31 (10), 31 (11), 31 (12), 32 (7), 32 (9), 32 (10), 32 (12).
 OKADA, Y. & R. SEIISHI, 1938: Studies on the early life history of 9 species of fresh-water fishes of Japan. *Bull. Jap. Biogeo. Soc.* 8 (15): 223-253.
 友 田 淑 郎, 1965: びわ湖産フナの發育. 1. ニゴロブナの發育について, およびゲンゴロブナとニゴロブナの分化についての予察的研究. *Bull. Osaka. Mus. Nat. Hist.* 18: 3-30,
 YAMAGISHI, H., 1965: Comparative study on the growth of the fry of three races of Japanese crucian carp *Carassius carassius* LINNÉ with special reference to behaviour and competition. *Jap. J. Ecol.* 15 (3): 100-113.
 横 手 元 義, 1960: コイ科6種の幼期における識別について. *淡水区水産研究所研究資料*, 22: 1-17.

Ecological studies on fry and juvenile of fishes
at aquatic plant area in a bay of the Lake Biwa

I. On the distribution of fish larvae

Ken-ichi HIRAI

The present investigation has been undertaken to study the distribution and food habits of fry and juvenile of fishes, in relation to environmental conditions, in the littoral area of a bay of Lake Biwa. On the basis of these studies, the author attempted to give a consideration of the role of aquatic plant areas for their life. In this paper, the distribution of fishes and the environmental conditions in the bay were reported. The survey was carried out from April to August, 1964, at the littoral area of Yamanoshita Bay. Sample specimens of the fishes were collected with a small trap like a pound net with 2 mm mesh net, set on the aquatic plant area. At the same time, water temperature, pH and dissolved oxygen content measurement were made.

(1) In the innerpart recess of the bay, where the aquatic plants grow thick, the water temperature is slightly higher, and amount of dissolved oxygen is markedly lower than those in other parts of the littoral.

(2) Twenty-three species of juvenile of fish were collected during the period of investigation, of which about ten species were more or less numerous and the rest of species were rare in the bay. Of the abundant ten species occurring in the littoral, a few species such as honmoroko, *Gnathopogon caerulesens* and wataka, *Ischikauira steenackeri* may not stay over a long period of time in the vegetated littoral, and leave for an offshore area in their early stage of life. Oikawa, *Zacco platypus* and Yoshinobori, *Rhinogobius brunneus* are distributed widely in the littoral, although they are more abundant in aquatic plant belts. On the contrary, funa, *Carassius carassius* tend to district its habitat to the submerged plant belt.

(3) From the point of view of an affection of abiotic environmental conditions, it seems that the aquatic plant belt where the fish larvae were abundant is not necessarily fitted habitat for the fish larvae.